



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10289871 A**(43) Date of publication of application: **27.10.98**

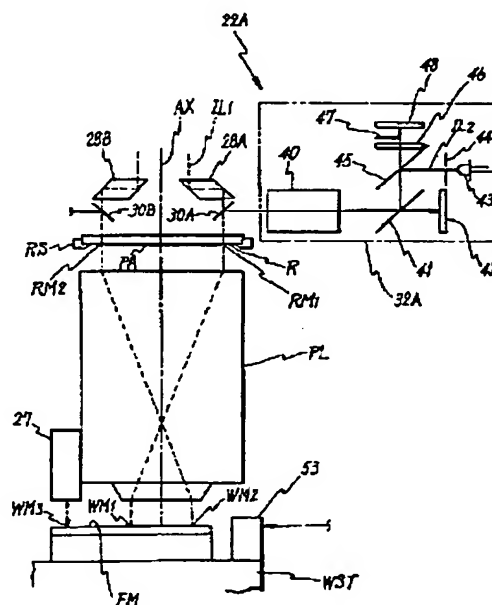
(51) Int. Cl.

H01L 21/027**G03F 7/20****G03F 9/00**(21) Application number: **09111979**(71) Applicant: **NIKON CORP**(22) Date of filing: **14.04.97**(72) Inventor: **TANIGUCHI TETSUO****(54) PROJECTION EXPOSURE DEVICE****(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent occurrence of mask position measuring-errors caused by the shift of telecentricity of a projection optic system while illuminating the mask from above.

SOLUTION: An image of a mark MR1 on a mask R illuminated by an illumination light IL1, and an image of a substrate-side mark WM1 formed on a substrate stage WST through a projection optic system PL are imaged on a light receiving surface of a light receiving element 42 by means of an imaging optic system 40 which constitutes part of an observing unit 22A. Where there arises a focus shift in the imaging optic system 40, an imaging position, on a sensor 48, of a reflected image, which is an image of a slit 44 illuminated from a light source 43 and reflected from a pattern surface of the mask R, is shifted. On the basis of this shifted image position, the best imaging surface position of the imaging optic system 40 and the position of the light receiving surface of the light receiving element 42 are relatively adjusted by an adjusting means, so that the pattern surface of the mask R and the receiving surface of the receiving element 42 have a conjugated relation with each other.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(51) Int.Cl.⁶
 H 0 1 L 21/027
 G 0 3 F 7/20
 9/00

識別記号

5 2 1

F I

H 0 1 L 21/30

G 0 3 F 7/20

9/00

5 2 6 A

5 2 1

H

審査請求 未請求 請求項の数3 F D (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平9-111979

(22) 出願日 平成9年(1997)4月14日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 谷口 哲夫

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

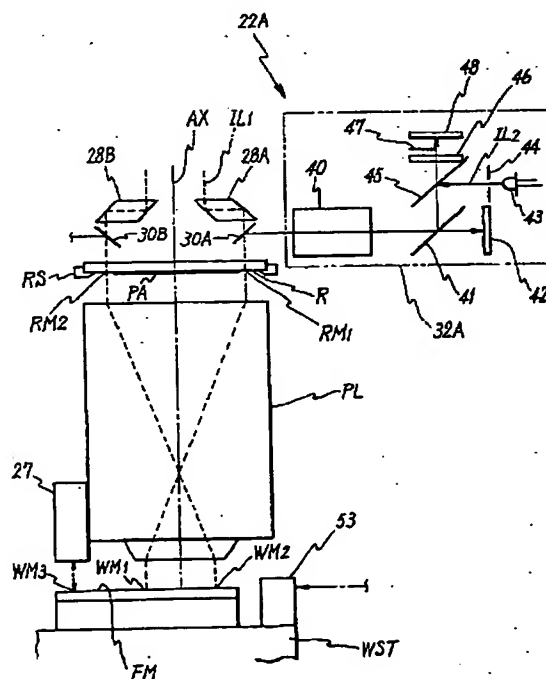
(74) 代理人 弁理士 立石 篤司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 投影露光装置

(57) 【要約】

【課題】 マスクを上方から照明しつつ、投影光学系のテレセントリシティのズレに起因するマスク位置の測定誤差の発生を防止する。

【解決手段】 観察手段22Aを構成する結像光学系40により、照明光IL1により照明されたマスクR上のマークRM1の像と、基板ステージWST上に形成された基板側マークWM1の投影光学系PLを介した像とが受光素子42の受光面上に結像される。結像光学系40に焦点ずれがある場合には、光源43により照明されたスリット44の像のマスクRのパターン面からの反射像のセンサ48上の結像位置がずれる。この結像位置に基づいて、調整手段によってマスクRのパターン面と受光素子42の受光面とが共役関係となるように結像光学系40の最良結像面位置と受光素子42の受光面との相対位置関係が調整される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 露光用の照明光によりマスクを照明し、該マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板ステージに搭載された感応基板上に投影露光する投影露光装置であって、

前記照明光により照明された、前記マスクの前記パターン面に形成されたマスク側マークの像と、前記基板ステージ又は前記感応基板上に形成された基板側マークの前記投影光学系を介した像とを受光素子の受光面上に結像させる結像光学系を含む観察手段と；前記結像光学系の焦点ずれを検出する焦点ずれ検出手段と；前記焦点ずれ検出手段の検出結果に基づいて前記マスクのパターン面と前記受光素子の受光面とが共役関係となるように前記結像光学系の最良結像面位置と前記受光素子の受光面との相対位置関係を調整する調整手段とを有する投影露光装置。

【請求項2】 前記焦点ずれ検出手段は、前記結像光学系の焦点ずれを前記マスク側マーク及び前記基板側マークの少なくとも一方の像の光電検出結果に基づいて検出することを特徴とする請求項1に記載の投影露光装置。

【請求項3】 前記焦点ずれ検出手段は、少なくとも前記マスクの厚さ及び大気圧を含む前記結像光学系の焦点変動の要因を検出する変動要因検出手段と、この変動要因検出手段の検出結果に基づいて前記結像光学系の焦点ずれ量を算出する算出手段とを有することを特徴とする請求項1に記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、投影露光装置に係り、更に詳しくは、例えば半導体素子又は液晶表示素子等をリソグラフィ工程で製造する際に用いられる投影露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】例えば半導体素子は、プロセス処理を行いながら、基板（ウエハ）上に多数層の回路パターンが所定の位置関係で積み重ねて形成されるので、半導体製造用の露光装置で2層目以降の回路パターンを基板上に露光する際には、マスク（又はレチクル）のパターンと基板上に既に形成されているパターンとの位置合わせ（アライメント）を高精度に行なう必要がある。

【0003】このため、基板上には位置合わせ用マークが形成されており、この位置合わせ用マークを露光装置の観察系（アライメントセンサ）で位置計測することで基板上の回路パターンの位置を正確に求めることができる。この場合において、マスクと基板上のパターンとの位置関係を直接検出するため、マスクを介して基板上の位置合わせ用マークを観察する方法もあるが、一般的には、基板上の位置合わせ用マークの位置のみをアライメントセンサで計測し、マスクの位置は別途求めておき、両者の正確な位置情報に基づいて両者の相対位置関係を

調整することにより重ね合わせ露光を行なう方法が採用されている。この場合、マスクも装置に対して正確に位置決めする必要がある。

【0004】マスクの位置合わせ方法としては、マスク上方に設置された顕微鏡を用いて、マスクの位置合わせマークと投影光学系をさらに介して基板ステージ上の基準マークとを同時に観察し、画像処理技術等を用いて両者の位置関係を求めることにより、マスクの投影像と基準マークとの位置関係を調整する方法が知られている。そして、上記基準マークとの相対位置関係が既知の別の基準マークを前記アライメントセンサで観察することによって、マスクと基板との相対位置関係を検出し、この結果に基づいて基板とマスクとの位置合わせが行われるようになっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】前記のマスク位置合わせ用の光学系（顕微鏡）の照明光としては、直接投影光学系を介して基準マークを観察する必要から、露光波長と同一波長の照明光を用いる必要がある。通常は、マスクの上方より露光光で照明を行い、マスク側の位置合わせ用マークと基板ステージ上の基準マークとの観察を行う。この場合、マスク側の位置合わせ用マークは照明光の直接反射で観察するが、基板ステージ上の基準マークは投影光学系を介して観察するため、顕微鏡の焦点位置が厳密にマスク側の位置合わせ用マークが形成されたパターン面に合っていないと、検出誤差が発生するという不都合があった。

【0006】ここで、上記の検出誤差の生ずる理由について、図7を用いて更に詳細に説明する。図7には、従来の投影露光装置の一部、具体的にはレチクルR、投影光学系PL、基準板FM及び一方のレチクル顕微鏡が示されている。この図7において、投影光学系PLは、ウエハの焦点位置からのずれによって、レチクルRに形成されたパターンの像がシフトしないように、ウエハ側（基準板FM側）の主光線が投影光学系PLの光軸AXと平行になるように、所謂テレセントリックに設計されている。同様に、レチクルR側についてもレチクルRのたわみ等の影響でディストーション等が変化しないようにテレセントリックに設計されている。しかしながら、投影光学系PLの収差のために、ウエハ側をテレセントリックにすると、レチクル側では主光線が僅かに傾いてしまう。

【0007】このため、図7のレチクル側の照明光束301は、光軸AXに対して僅かに傾いた方向から半透鏡202を介してレチクルRに入射しており、この照明光束301によってレチクルRのパターン面（図7における下面）に形成されたレチクルアライメントマーク205が照明される。このマーク205からの反射光束302は半透鏡202及び結像レンズ304を介してCCD（若しくは撮像管等）から成るセンサ307上に結像す

る。一方、レチクルRを通過した光束303は、投影光学系PLを通過し、基準板FM上の位置合せ用基準マーク204を照明し、その基準マーク204からの反射光束305は、光束301と同一の光路を逆向きに通じ、レチクルRの面を通過して、結像レンズ304を介してセンサ307上に結像する。

【0008】従って、図7に示されるように、結像レンズ304がデフォーカスし、レチクルRのパターン面とセンサ307の受光面とが共役になっていない場合には、レチクル側のマーク205と基準マーク204とが正確に位置合わせされているにも拘わらず、センサ307の受光面上では、両マークの位置がずれているように観察され、これがレチクルRの位置合せ誤差となるのである。

【0009】勿論、レチクル顕微鏡（結像レンズ304、センサ307等）は、予めレチクルRのパターン面とセンサ307の受光面とが共役になるように調整されるのであるが、レチクルRにはガラス厚のバラツキ（製造誤差）があり、また空気（大気）の圧力、温度、湿度変化等により空気の屈折率が変化するため、調整時に厳密にマスク観察系の焦点位置を合せても、上記のような条件の変化により焦点位置がずれてしまう。特に、レチクル顕微鏡を露光時に邪魔にならない位置に退避させるものにあっては駆動部分のガタも結像レンズ304の位置再現性を低下させ、上記焦点位置ずれの要因となる。更には、レチクルを形成するガラスがテーパーを持っていると、上記の角度ずれはますます大きくなる。

【0010】上記の不都合を解決するための手法として、レチクルの上方からではなく、基板ステージの下方側から基準マークを露光光と同一波長の照明光で照明し、基板ステージからの光線とレチクルのパターン面からの光線の角度を一致させることも考えられる。しかしながら、かかる手法では、近年、解像力向上のため、レチクル上のパターンに合わせて変形照明（輪帯照明を含む）等を用いて照明条件を最適化することがなされているが、このような場合に、照明条件の違いによる微妙な投影光学系の収差の反映の異なりが、マーク位置の計測結果に反映されず、結果的に位置合わせ誤差が発生するという不都合があった。

【0011】また、上記の基板ステージの下方側から基準マークを露光光と同一波長の照明光で照明する手法では、基板ステージに照明光を導くための手段、例えば光ファイバ、リレー光学系等が必要となるが、このような手段を設けることは、基板ステージの重量増となり、また光ファイバからの力を受け、位置制御性を悪化させるので好ましくない。特に、近年は、広い面積を露光するため、レチクルと基板とを相対的にスキャンさせて露光する走査型露光装置が、主流になりつつあり、かかる走査型露光装置では基板ステージはレチクルに高精度に同期して駆動する必要があるため、基板ステージの位置制

御性の悪化の影響は一層大きいものがある。

【0012】本発明はかかる事情の下になされたもので、請求項1ないし3に記載の発明の目的は、マスクを上方から照明しつつ、投影光学系のテレセントリシティのズレに起因するマスク位置の測定誤差の発生を防止することができる投影露光装置を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、露光用の照明光（IL）によりマスク（R）を照明し、該マスク（R）に形成されたパターンを投影光学系（PL）を介して基板ステージ（WST）に搭載された感応基板（W）上に投影露光する投影露光装置であって、前記照明光（IL）により照明された、前記マスク（R）の前記パターン面に形成されたマスク側マーク（RM1、RM2）の像と、前記基板ステージ（WST）又は前記感応基板（W）上に形成された基板側マーク（WM1、WM2）の前記投影光学系（PL）を介した像とを受光素子（42）の受光面上に結像させる結像光学系（40）を含む観察手段（22A、22B）と；前記結像光学系（40）の焦点ずれを検出する焦点ずれ検出手段と；前記焦点ずれ検出手段の検出結果に基づいて前記マスクのパターン面と前記受光素子の受光面とが共役関係となるように前記結像光学系の最良結像面位置と前記受光素子の受光面との相対位置関係を調整する調整手段（26）とを有する。

【0014】これによれば、観察手段（22A、22B）を構成する結像光学系（40）により、照明光（IL）により照明された、マスク（R）のパターン面に形成されたマスク側マーク（RM1、RM2）の像と、基板ステージ（WST）又は感応基板（W）上に形成された基板側マーク（WM1、WM2）の投影光学系（PL）を介した像とが受光素子（42）の受光面上に結像される。この場合において、結像光学系（40）に焦点ずれがある場合には、焦点ずれ検出手段によりこの結像光学系（40）の焦点ずれが検出される。そして、調整手段（26）によって焦点ずれ検出手段の検出結果に基づいてマスク（R）のパターン面と前記受光素子（42）の受光面とが共役関係となるように結像光学系（40）の最良結像面位置と前記受光素子（42）の受光面との相対位置関係が調整される。

【0015】このため、結像光学系（40）の焦点位置がマスク（R）のパターン面と受光素子（42）の受光面とに一致した状態（デフォーカスのない状態）で、観察手段によってマスク（R）のパターン面に形成されたマスク側マーク（RM1、RM2）の像と、基板ステージ（WST）又は感応基板（W）上に形成された基板側マーク（WM1、WM2）の投影光学系（PL）を介した像とが観察されるので、たとえ、投影光学系（PL）のテレセントリシティのズレにより、マスクパターンからの反射光と基板側からの反射光の角度がマスク面上で

異なっていて、マスクのガラス厚変化、空気の屈折率変化等によって結像光学系（40）の焦点位置が変化する条件下でも、マーク（RM1、RM2）とマーク（WM1、WM2）との相対位置検出に誤差が生じない。従って、マスクを上方から照明しつつ、投影光学系（PL）のテレセントリシティのズレに起因するマスク位置の測定誤差の発生を防止することができる。

【0016】この場合において、焦点ずれ検出手段の構成は種々考えられるが、例えば、請求項2に記載の発明の如く、前記焦点ずれ検出手段は、前記結像光学系（40）の焦点ずれを前記マスク側マーク（RM1、RM2）及び前記基板側マーク（WM1、WM2）の少なくとも一方の像の光電検出結果に基づいて検出しても良く、あるいは請求項3に記載の発明の如く、前記焦点ずれ検出手段は、少なくとも前記マスク（R）の厚さ及び大気圧を含む前記結像光学系（40）の焦点変動の要因を検出する変動要因検出手段（81、82、83）と、この変動要因検出手段（81、82、83）の検出結果に基づいて前記結像光学系（40）の焦点ずれ量を算出する算出手段（84）とを有していても良い。

【0017】

【発明の実施の形態】

《第1の実施形態》以下、本発明の第1の実施形態を図1ないし図2に基づいて説明する。

【0018】図1には、第1の実施形態に係る投影露光装置10の構成が概略的に示されている。この投影露光装置10は、マスクとしてのレチクルR上に形成されたパターンをステップアンドリピート方式により投影光学系PLを介して感応基板としてのウエハWのショット領域に投影する縮小投影型の露光装置（いわゆるウエハステッパ）である。

【0019】この投影露光装置10は、光源12を含む照明系11、レチクルRを保持するレチクルステージRS、レチクルRに形成されたパターンの像をウエハW上に投影する投影光学系PL、ウエハWを保持する基板ステージとしてのウエハステージWST、一対の観察手段としてのレチクル顕微鏡22A、22B、アライメントセンサ27、フォーカス検出系（60a、60b）及び制御系等を備えている。

【0020】照明系11は、例えばエキシマレーザから成る光源12、ビーム整形用レンズ及びオブチカルインテグレータ（フライアイレンズ）等を含む照度均一化光学系16、照明系開口絞り板（レポルバ）18、リレー光学系20、不図示のレチクルブラインド、折り曲げミラー37及び不図示のコンデンサレンズ系等を含む。ここで、この照明系11の構成各部についてその作用とともに説明すると、光源12から射出された照明光IL

（エキシマレーザ光（KrF、ArF）等）は、照度均一化光学系16によって光束の一様化、スペckルの低減等が行われる。ここで、光源12のレーザパルスの

発光は後述する主制御装置26によって制御されるようになっている。なお、光源12として、超高圧水銀ランプを用いても良く、この場合には、g線、i線等の紫外域の輝線が照明光として用いられるとともに、不図示のシャッタの開閉が主制御装置26によって制御されることになる。

【0021】前記照度均一化光学系16の出口部分には、円板状部材から成る照明系開口絞り板18が配置されている、この照明系開口絞り板18には、ほぼ等角度間隔で、例えば通常の円形開口より成る開口絞り、小さな円形開口より成りコヒーレンスファクタである σ 値を小さくするための開口絞り、輪帯照明用の輪帯状の開口絞り、及び変形光源法用に複数の開口を偏心させて配置して成る変形開口絞り（いずれも図示省略）等が配置されている。この照明系開口絞り板18は、主制御装置26により制御されるモータ等の駆動装置24により回転駆動されるようになっており、これによりいずれかの開口絞りが照明光ILの光路上に選択的に設定される。

【0022】照明系開口絞り板18の後方の照明光ILの光路上には、不図示のブラインドを介在させてリレー光学系20が設置されている。前記ブラインドの設置面はレチクルRと共役関係にある。リレー光学系20後方の照明光ILの光路上には、当該リレー光学系20を通過した照明光ILをレチクルRに向けて反射する折り曲げミラー37が配置され、このミラー37後方の照明光ILの光路上には不図示のコンデンサレンズが配置されている。このため、リレー光学系20を通過する際に、照明光ILは、不図示のブラインドでレチクルRの照明領域が規定（制限）された後、ミラー37で垂直下方に折り曲げられて不図示のコンデンサレンズを介してレチクルRの上記照明領域内のパターン領域PAを均一な照度で照明する。

【0023】前記レチクルステージRS上にレチクルRが載置され、不図示のパキュームチャック等を介して吸着保持されている。レチクルステージRSは、水平面（XY平面）内で2次元移動可能に構成されており、レチクルRがレチクルステージRSに載置された後、レチクルRのパターン領域PAの中心点が光軸AXと一致するように位置決めが行なわれる。このレチクルRの初期設定のためのレチクルアライメントについては、後に詳述する。レチクルRは図示しないレチクル交換器により適宜交換されて使用される。

【0024】前記投影光学系PLは、両側テレセントリックな光学配置になるように配置された共通のZ軸方向の光軸AXを有する複数枚のレンズエレメントから構成されている。また、この投影光学系PLとしては、投影倍率が例えば1/4又は1/5のものが使用されている。このため、前記の如くして、照明光ILによりレチクルR上の照明領域が照明されると、そのレチクルRのパターン面に形成されたパターンが投影光学系PLによ

って表面にレジスト（感光剤）が塗布されたウエハW上に縮小投影され、ウエハW上の一つのショット領域にレチクルRの回路パターンの縮小像が転写される。但し、図1では、説明の都合上、ウエハW上にレチクルパターン像が結像する露光時の状態以外の場合が示されている。

【0025】前記ウエハステージWSTは、投影光学系PLの下方に配置されている。このウエハステージWSTは、実際には水平面（XY面）内を2次元移動可能なXYステージと、このXYステージ上に搭載され光軸方向（Z方向）に微動可能なZステージ等から構成されるが、図1ではこれらが代表的にウエハステージWSTとして示されている。以下の説明中では、このウエハステージWSTは、不図示の駆動系によってXY2次元方向に駆動されるとともに微小範囲（例えば100μm程度）内で光軸AX方向にも駆動されるようになっているものとする。

【0026】このウエハステージWST上にウエハホルダ52を介してウエハWが真空吸着等によって固定されている。ウエハステージWSTの2次元的な位置は、該ウエハステージWST上に固定された移動鏡53を介してレーザ干渉計56によって所定の分解能（例えば1nm程度）の分解能で常時検出され、このレーザ干渉計56の出力が主制御装置26に与えられている。そして、主制御装置26によって不図示の駆動系が制御され、このような閉ループの制御系により、例えば、ウエハステージWSTはウエハW上の1つのショット領域に対するレチクルRのパターンの転写露光が終了すると、次のショット位置までステッピングされる。

【0027】また、ウエハW面のZ方向の位置は、前記フォーカス検出系により測定される。このフォーカス検出系としては、投影光学系PLの結像面に向けてピンホールまたはスリットの像を形成するための結像光束もしくは平行光束を、光軸AXに対して斜め方向より照射する照射光学系60aと、その結像光束もしくは平行光束のウエハW表面（又は後述する基準板FM表面）での反射光束を受光する受光光学系60bとから成る斜入射光式の焦点検出系が用いられており、受光光学系60bからの信号が主制御装置26に供給されている。そして、主制御装置26では受光光学系60bからの信号に基づき、常に投影光学系PLの最良結像面にウエハWの面が来るように不図示の駆動系を介してウエハWのZ位置を制御する。

【0028】また、ウエハステージWST上には、後述するレチクルアライメント及びベースライン計測のための基準マークWM1、WM2及びWM3（図2参照）等の各種の基準マークが形成された基準板FMが固定されており、この基準板FMの表面はウエハW面とほぼ同一面とされている。

【0029】前記アライメントセンサ27としては、こ

こでは、検出基準となる指標を備え、その指標を基準としてウエハW上のアライメントマーク又は基準板FM上の基準マークWM3の位置を検出する画像処理方式の結像式センサが用いられている。このアライメントセンサ27の検出値も主制御装置26に供給されるようになっている。なお、アライメントセンサとして、レーザスキヤン式センサ、レーザ干渉式センサ等の他の方式のものを用いても構わない。

【0030】前記一方のレチクル顕微鏡22Aは、プリズム28A、半透鏡30A及び観察光学系32Aを備えている。このレチクル顕微鏡22Aは、ケースにより一体化され、不図示の駆動装置によって図1の矢印A、A'方向に移動自在に構成されている。主制御装置26では、後述するレチクルアライメントを行なう際には、当該レチクル顕微鏡22Aを駆動装置を介して矢印A方向に駆動して図1に示される位置に位置決めし、レチクルアライメントが終了すると、露光の際に邪魔にならないように、矢印A'方向に駆動して所定の退避位置に退避させる。

【0031】他方のレチクル顕微鏡22Bは、同様に、プリズム28B、半透鏡30B及び観察光学系32Bを備え、ケースにより一体化され、不図示の駆動装置によって図1の矢印B、B'方向に移動自在に構成されている。そして、このレチクル顕微鏡22Bも、同様に、主制御装置26により、後述するレチクルアライメントを行なう際に、図1に示される位置に位置決めされ、レチクルアライメントが終了すると、所定の退避位置に退避されるようになっている。

【0032】ここで、一方のレチクル顕微鏡22Aの構成、作用等について、図2に基づいて詳細に説明する。図2には、図1の投影光学系PL、基準板FM、及びレチクル顕微鏡22Aが拡大して示されている。この図2に示されるように、プリズム28Aは、照明光ILをレチクルR上のレチクルアライメントマークRM1上に導くためのものである。これは、レチクルアライメントマークはパターン領域PAの外側に設けられており、この部分は通常は照明する必要の無い部分であるため、照明光学系の負荷、照度の無駄を無くすため、通常照明領域より照明光ILの一部の光束（以下、この光束を便宜上「IL1」と呼ぶものとする）を導くようにしたものである。

【0033】この光束IL1の光路上に、半透鏡30Aが配置されており、プリズム28Aにより導かれた光束IL1は半透鏡30Aを介してレチクルアライメントマークRM1を照明するとともに、レチクルR及び投影光学系PLを介して基準板FM上の基準マークWM1を照明する。レチクルアライメントマークRM1、基準マークWM1からの反射光は、半透鏡30Aでそれぞれ反射され、それらの反射光束は、観察系32Aに入射する。

【0034】観察系32Aは、結像光学系40、ダイク

ロイックミラー41、CCDセンサ42、焦点位置検出用の光源43、スリット板44、半透鏡45、波長選択フィルタ46、瞳遮光板47及びCCDセンサ48を含んで構成されている。

【0035】この内、結像光学系40、ダイクロイックミラー41及びCCDセンサ42によって、レチクルアライメントマークRM1、基準マークWM1の像を検出する検出光学系が構成されている。すなわち、前述の如く、半透鏡30Aでそれぞれ反射されたレチクルアライメントマークRM1、基準マークWM1部分からの反射光束は、露光波長の光のみを透過させその他の波長の光を反射させるダイクロイックミラー41を透過して結像光学系40の最良結像面（焦点位置）にそれぞれ結像される。この場合、レチクルパターン面と基準板FM面とは元々共役関係に設定されているので、レチクルパターン面とCCDセンサ42の受光面とが共役であるものとすれば、CCDセンサ42の受光面にマークRM1、WM1の像が最良の結像状態でそれぞれ結像し、CCDセンサ42によってマークRM1、WM1が光電検出される。従って、主制御装置26では、このCCDセンサ42の出力（レチクル顕微鏡22Aの出力）に基づいてマークRM1、WM1の像の相対位置を検出することができる。

【0036】前記結像光学系40としては、ここでは、焦点距離を可変とできる光学系、すなわち所謂内焦式の光学系が用いられている。また、前記焦点位置検出用の光源43、スリット板44、半透鏡45、波長選択フィルタ46、瞳遮光板47及びCCDセンサ48によって、結像光学系40の焦点ずれを検出する焦点ずれ検出手段としての焦点位置検出系が構成されている。

【0037】焦点位置検出用の光源43としては、例えばLEDが用いられ、この光源43から出射される焦点位置検出用の照明光束IL2は露光波長とは波長が異なる。スリット板44には、所定形状の開口（スリット）が形成されており、このため、光源43からの光束IL2がスリット板を照明すると、該スリット板44のスリットを透過した照明光束IL2は、半透鏡45、ダイクロイックミラー41で順次反射され、結像光学系40を通過した後、半透鏡30AによりレチクルRのパターン面に照射され、これにより、レチクルRのパターン面にスリット像が結像される。スリット像の反射光は照明光束IL2と同じ光路を逆向きに返って、ダイクロイックミラー41で反射された後、半透鏡45を透過し、露光光を通さない性質の波長選択フィルタ46を更に透過して瞳遮光板47に至る。この瞳遮光板47としては、瞳面に配置され、瞳面の図2における左半分を遮光する半円状のものが用いられ、この瞳遮光板47を通過したスリット像の反射光束は強制的に傾斜させられた後、CCDセンサ48上にスリット像を再結像する。このように、CCDセンサ48上には、その光軸が傾斜した光束

が入射するため、例えばレチクルRの厚さ変化等の前述した種々の要因により結像光学系40の焦点位置がずれる、すなわちレチクルRのパターン面とCCDセンサ42との共役関係が維持できなくなると、CCDセンサ48上でのスリット像の結像位置がずれる。従って、主制御装置26では、このCCDセンサ48の出力に基づいて結像光学系40の焦点ずれを測定し、結像光学系40内部の不図示のレンズ群を駆動することで該結像光学系40の焦点をレチクルパターン面とCCDセンサ42の受光面に合せることができることができるようになる。この場合、主制御装置26では、CCDセンサ48上でのスリット像の結像位置が常に一定になるように、結像光学系40内部のレンズ群を駆動することにより、常にCCDセンサ42に焦点位置を一致させる。CCDセンサ48上でのスリット像結像位置の目標値は、CCDセンサ42でのコントラストが最大になる点を予め選んで決定しておく。このようにすることにより、仮に厳密に結像光学系40の焦点位置がCCDセンサ42に合ってなく、ずれがあったとしても、上記のCCDセンサ48上でのスリット像の結像位置が常に一定になるように結像光学系40内部のレンズ群を駆動する方式では、そのずれが一定となるため、そのずれ込みで装置の調整を行えば重ね合わせ誤差の要因とはならない。

【0038】このように、本実施形態では、前述した従来例のように、レチクル側の非テレセントリック性に起因してマークRM1、WM1の像の相対位置に検出誤差が生ずるのを確実に防止することができるようになっている。

【0039】他方のレチクル顕微鏡22Bを構成するプリズム28B、半透過鏡30B及び観察光学系32Bも上記レチクル顕微鏡22Aと同様の構成及び機能を備えており、レチクルR上のレチクルアライメントマークRM2、基準マークWM2の相対位置ずれを、結像光学系の焦点ずれのない状態で正確に検出することができる。

【0040】制御系は、図1中、主制御装置26によって主に構成される。主制御装置26は、CPU（中央演算処理装置）、ROM（リード・オンリ・メモリ）、RAM（ランダム・アクセス・メモリ）等から成るいわゆるマイクロコンピュータ（又はミニコンピュータ）によって構成され、露光動作が的確に行われるように、レチクルRとウエハWの位置合わせ、ウエハWのステッピング、露光タイミング等を統括して制御する。また、主制御装置26は、レチクル顕微鏡22A、22Bの焦点位置の調整を上述の如くして行なう他、装置全体を統括制御する。

【0041】次に、上述のようにして構成された本実施形態の露光装置10による重ね合わせ露光時の動作について簡単に説明する。

【0042】前提として、レチクルステージRS上には、レチクルRが載置され、ウエハW上にはそれまでの

10

20

30

40

50

工程で、既にパターンが形成されており、このパターンとともに不図示のアライメントマーク（ウエハマーク）も形成されているものとする。

【0043】まず、主制御装置26では、予め定められた設計値に基づいて、基準板FM上の基準マークWM1、WM2の中心点が投影光学系PLの光軸上に位置する位置に、干渉計56の出力をモニタしつつウエハステージWSTを位置決めする。この状態が図1、図2に示されている。

【0044】次に、主制御装置26では、アライメント顕微鏡22A、22Bを図1の位置に移動させる（位置決めする）。そして、これらのアライメント顕微鏡22A、22Bを用いて、前述の如くしてレチクルR上のレチクルマークRM1、RM2及び基準板FM上の基準マークWM1、WM2を同時に観察し、その観察結果に基づいてマークRM1、WM1の相対位置関係、及びマークRM2、WM2の相対位置関係を検出する。この場合において、アライメント顕微鏡22A、22Bを構成する結像光学系40は、前述の如くして焦点位置の調整が行われているので、マークRM1、WM1の相対位置関係、及びマークRM2、WM2の相対位置関係は、検出誤差なく、高精度に検出される。レチクルマークRM1、RM2と基準マークWM1、WM2との相対位置計測と同時に、主制御装置26では、アライメントセンサ27を用いて基準板FM上の基準マークWM3を観察し、基準マークWM3とアライメントセンサ27の指標との相対位置関係を測定する。基準板FM上の基準マークWM1、WM2、WM3は、予め定められた設計上の位置関係に正確に従った位置にそれぞれ形成されているため、設計上の配置と以上の動作により求められた相対位置関係から、主制御装置26では基準板FMを介してレチクルRのパターンの投影位置とアライメント顕微鏡27の指標との相対距離（所謂ベースライン量）を正確に算出することができる。

【0045】その後、主制御装置26では、ウエハW上の複数ショット領域に付設されたアライメントマーク（ウエハマーク）の位置をアライメントセンサ27を用いて順次計測し、いわゆるEGA（エンハンスドグローバルアライメント）の手法により、ウエハW上の全てのショット配列データを求め、この配列データに従って、ウエハ上のショット領域を順次投影光学系PLの真下（露光位置）に順次位置決めしつつ、光源12のレーザ発光を制御して、いわゆるステップアンドリピート方式で露光を行なう。なお、EGA等については、特開昭61-44429号公報等で公知であるから、ここでは詳細な説明は省略する。

【0046】以上説明したように、本第1の実施形態によると、レチクル顕微鏡22A、22Bに焦点位置検出系（43～48）を設け、結像光学系40として焦点位置の調整が可能な内焦式の光学系を用いていることか

ら、レチクルRのガラス厚のバラツキ（製造誤差）、空気（大気）の圧力、温度、湿度変化等の要因により空気の屈折率が変化し、結像光学系40の焦点位置ずれが生じた場合にも、主制御装置26では、焦点位置検出系を構成するCCDセンサ48の出力に基づいて結像光学系40の焦点位置を調整することができ、これにより結像光学系40の焦点ずれに起因するレチクルRの位置測定誤差、アライメント誤差を防止することが可能になる。

【0047】また、本第1の実施形態では、直接露光用の照明光ILによりレチクルRを上方から照明する落射照明により、レチクルマークRM1、RM2と、基準板FM上の基準マークWM1、WM2の相対位置関係の検出を行なうようにしたことから、レボルバ18の回転により照明系の開口絞りを切り換えて照明条件を変更した場合でも、レチクル顕微鏡22A、22Bの照明条件も全く同様に變更され、照明条件による微妙な投影光学系PLの収差（例えばディストーション変化）にも追従できるという利点がある。

【0048】但し、装置を簡易化するために、ファイバ一等で導いた別の照明を用いても、上記の焦点位置検出系を設けたことによりレチクルRの位置測定誤差、アライメント誤差を同様に防止することは可能である。

【0049】また、図2中の焦点位置検出系（43～48）に代えて図3（A）に示されるような焦点位置検出系を設けても良い。この図3（A）に示される焦点位置検出系は、露光用照明光ILを焦点位置の検出用の検出光束として使用するものである。この焦点位置検出系では、前述したダイクロイックミラー41に代えて半透鏡51が設けられている。また、この半透鏡51で反射されたレチクルマークRM（RM1又はRM2）からの反射光の光路上にレンズ系40aが設けられ、このレンズ系40aを通ったマークRMからの反射光を半透鏡41aで分離し、CCDセンサ42とは別のCCDセンサ42a、42bで半透鏡41aで分離された光を受光するようになっている。この場合、レンズ系40aからCCDセンサ42aまでの距離aがレンズ系40aからCCDセンサ42bまでの距離bよりも長く、また、結像光学系40の焦点位置がレチクルパターン面とCCDセンサ42の受光面とに合っている状態では、CCDセンサ42a、42bの各々で計測されるレチクルマークRMのコントラストが、図3（B）に示されるように互いに等しくなるような位置にCCDセンサ42a、42bがそれぞれ配置されている。従って、この図3（A）に示される焦点位置検出系によると、焦点ずれが生じた場合にも、CCDセンサ42a、42bの各々で計測されたマークRMのコントラストが等しくなるように、結像光学系40のレンズ群を駆動系100によって光軸方向に移動させることにより、結像光学系40の焦点をレチクルパターン面とCCDセンサ42の受光面に合せることができる構成となっている。

【0050】なお、上記第1の実施形態では、レチクル顕微鏡の内部に検出光学系とは別の焦点位置検出系を設けたが、これはCCDセンサ42でのコントラスト劣化等の感度劣化による影響より、焦点ずれによる位置誤差の影響の方が大きいと、焦点位置検出用の別光学系を採用したものである。これに対して、例えば、レチクルアライメントマークRMを十分細かい線幅のマークとしてコントラスト劣化の感度を上げて、直接CCDセンサ42によりレチクルアライメントマークRMの像のコントラストを検出し、結像光学系40のレンズ群を駆動して常に焦点位置を保つという方法も考えられる。

【0051】図4には、この種の焦点位置検出系の一例が示されている。この図4の焦点位置検出系では、マーク位置検出用の結像光学系40が焦点検出用の光学系をも兼ね、この結像光学系40のレンズ群を駆動系100によって光軸方向に移動可能としたものである。この図4の焦点位置検出系を用いる場合には、CCDセンサ42によりレチクルマークRM(RM1又はRM2)のコントラストがピークとなるように、結像光学系40のレンズ群を駆動系100によって光軸方向に移動することにより常に結像光学系40の焦点をレチクルパターン面とCCDセンサ42の受光面に合せるようにすれば良い。この場合には光学系の構成が簡単になる。

【0052】また、別光学系により結像光学系40の焦点位置検出を行う場合でも、上記実施形態の如く別光源43を設けることなく、露光用の照明光ILを焦点位置検出用の検出光束として用いても良い。この場合であっても、スリット板44のスリット像の反射光束を瞳遮光板47によりその光軸方向を傾けることにより、CCDセンサ48上での結像位置のずれに基づいて焦点位置ずれを同様に検出できる。

【0053】《第2の実施形態》次に、本発明の第2の実施形態を図5に基づいて説明する。ここで、前述した第1の実施形態と同一又は同等の構成部分については同一の符号を用いるとともに、その説明を簡略にし若しくは省略するものとする。

【0054】この第2の実施形態は、レチクル顕微鏡22A、22Bを構成する焦点ずれ検出手段としての焦点位置検出系の構成が前述した第1の実施形態と異なるのみで、その他部分の構成等は同一である。

【0055】この第2の実施形態に係る焦点位置検出系70は、露光用照明光ILを焦点位置の検出用の検出光束として使用するものである。焦点位置検出系70は、前述したダイクロイックミラー41に代えて設けられた半透鏡51を介して、レチクルアライメントマークRMの像をCCDセンサ48上に再結像させるレンズ49と、このレンズ49とCCDセンサ48との間の瞳面に設けられた瞳分割プリズム50と、CCDセンサ48とを備えている。これによれば、レチクルアライメントマークRMからの反射光束は、瞳分割フィルタ49で二分

割された後、CCDセンサ48の受光面に結像する。このため、結像光学系40の焦点位置がずれると、分割された2光束のCCDセンサ48上での結像位置の間隔が変化し、この間隔の変化に基づいて主制御装置26では焦点ずれを検出することができる。

【0056】本第2の実施形態によると、前述した第1の実施形態と同等の効果をえられる他、分割された2光束のCCDセンサ48上での結像位置の間隔の変化に基づいて結像光学系40の焦点ずれを検出するので、仮にCCDセンサ48が図5の矢印C方向に位置ずれした場合であっても、これに影響されることなく、結像光学系40の焦点ずれを検出することができ、CCDセンサ48の安定性には左右されないという利点がある。

【0057】なお、上記第1、第2の実施形態で説明したものの他、本発明に係る焦点ずれ検出手段の例としては、例えば図2のスリット板44のスリット像に代えて、複数のスリット像(縞パターン)を投影し、その反射光のコントラストを検出するものや、その他、コントラスト検出の代わりに、再び投影に使用したスリットを介して投影像を受光し、その光量の最大値を求めることも考えられる。これらの方法は、結像光学系の焦点が光電センサ(CCDセンサ)の結像面にあったとき、コントラストが最大となり透過光量が増える原理に基づくものである。この他、コンパクトディスクの焦点検出で使用されているような非点収差方式を用いても良い。

【0058】なお、上記第1の実施形態では、結像光学系40として内焦式の光学系を用い、それを構成するレンズ群を駆動して焦点位置を調整する場合について説明したが、本発明がこれに限定されることはなく、CCDセンサ42を結像光学系40の光軸方向に駆動するようにしても良い。この場合、焦点位置を検出する光学系のブロックと一緒にCCDセンサ42を駆動すると、閉ループ制御で追従させることができ、より信頼性が向上する。

【0059】この他、レチクルRを投影光学系PLの光軸AX方向に駆動することにより、投影光学系PLのディストーションを補正することが考えられ、このようにする場合にはレチクルパターン面とCCDセンサ42との共役関係が崩れるので、この場合にも結像光学系の焦点位置を調整するようにしても良い。反対に、レチクルRを投影光学系PLの光軸AX方向に駆動することによっても結像光学系40の焦点位置の調整は可能であると考えられるが、この場合には、ウエハW側の投影光学系PLの像面もずれるのでウエハW側まで影響が生じ、現実的な選択とは言えない。

【0060】これまでに説明した焦点ずれ検出手段は、いずれも本来の結像光学系40を介してレチクルアライメントマークRMの像の光電検出結果に基づいて結像光学系40の焦点位置ずれを検出する、所謂スルー・ザ・レンズ(TTL)タイプのものであったが、本発明がこ

れに限定されるものではなく、例えば、焦点ずれの要因を検出することにより、その検出結果に基づいて焦点ずれを算出するものであっても良い。このような手法を採用したものが、次の第3の実施形態である。

【0061】《第3の実施形態》以下、本発明の第3の実施形態について図6に基づいて説明する。図6には、第3の実施形態に係る焦点位置検出手段としての焦点位置検出系80が、レチクル顕微鏡22とともに図示されている。

【0062】本第3の実施形態では、レチクル顕微鏡22としては、従来と同様の構成、すなわち、半透鏡30と、結像光学系40と、CCDセンサ42とを備えたものが使用されている。

【0063】また、焦点位置検出系80は、厚みセンサ81、82と、環境センサ83と、焦点位置制御系84と、CCDセンサ42の駆動系85とを備えている。この内、厚みセンサ81、82は、レチクルステージRSに搭載する前に、レチクルRの厚みを測定するもので、例えば図6に示されるように、光束を斜めに入射しそのレチクル面からの反射光の位置を測定するものを用いることができる。この他、十分な精度さえ得られるものであれば、例えば、静電容量センサ、デジタルマイクロメータ、エアーマイクロメータ等を厚みセンサ81、82として使用することが可能である。

【0064】環境センサ83は、大気圧、温度、湿度等の環境条件を測定するもので、ここでは、大気圧を測定する圧力計が環境センサ83として用いられている。

【0065】このようにして構成された本第3の実施形態によると、レチクルRは、レチクルステージRSに搭載される前に、図6の仮想線R'の位置で、厚みセンサ81、82によって、その厚さが測定され、これとともに、環境センサ83によって気圧が測定され、これらの測定情報が、焦点位置制御系84に送られる。焦点位置制御系84では、所定の演算を行なって結像光学系40の焦点位置を求め、その結果に応じて駆動系85に信号を送り、焦点位置にCCDセンサ43の受光面が一致するようにCCDセンサ43を結像光学系40の光軸方向に駆動する。勿論、CCDセンサ43を駆動する代わりに、結像光学系40のレンズ群を駆動しても良い。

【0066】また、上記の情報だけではなく、レチクルステージRS上で吸着された時のレチクルアライメントマークRM1の位置のレチクルたわみ量まで考慮する必要がある場合には、レチクルアライメントマークRM1の位置のレチクル位置（重力方向の位置を直接測定しても良い。但し、光学系が周囲にあるので、邪魔にならないように配置する工夫が必要である。さらに、レチクル顕微鏡22自体の安定性も要求されるので、レチクル顕微鏡22とレチクルRの距離を測定するセンサを備えることが望ましい。

【0067】以上説明した本第3の実施形態によると、

結像光学系40の焦点位置の変動を上記第1、第2の実施形態ほど正確ではないが、ある程度正確に補正することができるので、結像光学系40の焦点ずれに起因するレチクルRの位置測定誤差、アライメント誤差を抑制することができる他、レチクルアライメント顕微鏡22そのものは、従来通りの構成で良いので、新たな機構の追加が最小限で済むという利点がある。

【0068】以上の説明は、レチクル顕微鏡22A、22B（あるいは22）を用いて、レチクルRと基準板FMとの位置関係を計測する場合についてのものであったが、レチクル顕微鏡22A、22B（あるいは22）を、レチクルR上のレチクルアライメントマークRMとウエハW上のアライメントマーク（ウエハマーク）との位置関係の計測に使用することも可能である。この方法は、露光用の照明光で、露光時と同様にレチクルRのパターンを基準にしてウエハWを観察するので最も誤差が少ない方式である。但し、露光光を用いてウエハWを観察する場合には、ウエハW上に塗布されたレジスト（感光剤）による照明光吸収のため、ウエハマークの観察が困難な場合が多く、一般にはあまり用いられていない。しかし、ウエハマーク上部の感光剤をレーザ等ではがしたり、ウエハW周辺部の感光剤を剥がした部分にウエハマークを入れる方法等も考案されており、その場合、上記各実施形態のレチクル顕微鏡が利用できる。また、近年レジストによる照明光吸収が殆どないタイプのレジストもあり、この場合そのまま観察が可能である。この場合、レジストが感光する光強度以下で観察すると、レジストが残り、マーク部のレジストが剥がれる心配はない。

【0069】なお、上記各実施形態では、本発明がステップアンドリピート方式の投影露光装置に適用された場合を説明したが、本発明の適用範囲がこれに限定されることはなく、ステップアンドスキャン方式等の走査型露光装置にも本発明は好適に適用できるものである。

【0070】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1ないし3に記載の発明によれば、マスクを上方から照明しつつ、投影光学系のテレセントリシティのズレに起因するマスク位置の測定誤差の発生を防止することができるという従来にはない優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係る投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】図1の装置の主要部を拡大して示す図である。

【図3】(A)は図2中の焦点位置検出系の別の構成を示す図、(B)は(A)の焦点位置検出系による焦点位置検出の原理を示す線図である。

【図4】焦点検出用の光学系とマーク検出用の光学系とを兼用した焦点位置検出系の構成を示す図である。

【図5】第2の実施形態に係る装置の主要部の構成を示す

す図である。

【図6】第3の実施形態に係る装置の主要部の構成を示す図である。

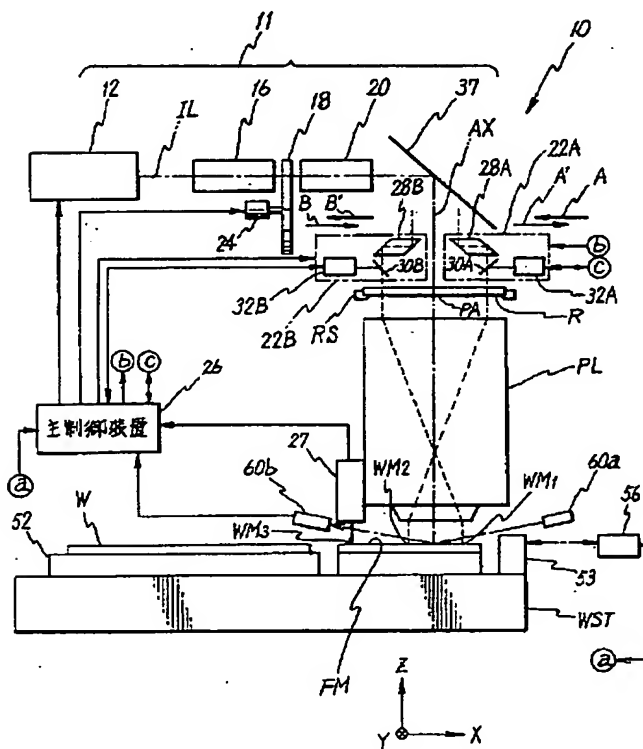
【図7】発明が解決しようとする課題を説明するための図である。

【符号の説明】

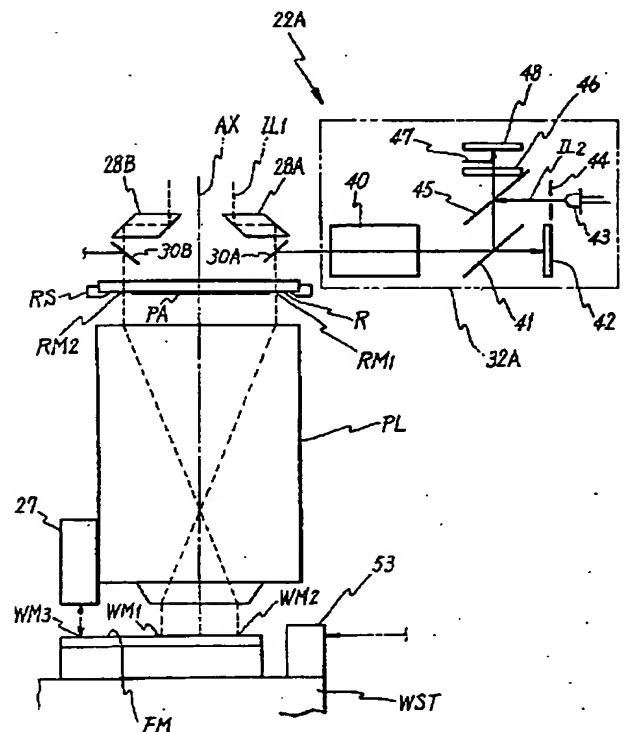
- 10 投影露光装置
- 22A、22B レチクル顕微鏡（観察手段）
- 26 主制御装置
- 40 結像光学系
- 42 CCDセンサ（受光素子）
- 43 光源（焦点ずれ検出手段の一部）
- 44 スリット板（焦点ずれ検出手段の一部）
- 45 半透鏡（焦点ずれ検出手段の一部）

- 46 波長選択フィルタ（焦点ずれ検出手段の一部）
- 47 瞳遮光板（焦点ずれ検出手段の一部）
- 48 CCDセンサ（焦点ずれ検出手段の一部）
- 80 焦点検出系（焦点ずれ検出手段）
- 81、82 厚みセンサ（変動要因検出手段）
- 83 環境センサ（変動要因検出手段）
- 84 焦点位置制御系（算出手段）
- R レチクル（マスク）
- PL 投影光学系
- 10 WST ウエハステージ（基板ステージ）
- W ウエハ（感応基板）
- RM1、RM2 レチクルアライメントマーク（マスク側マーク）
- WM1、WM2 基準マーク（基板側マーク）

【図1】




【図2】



【图 4】

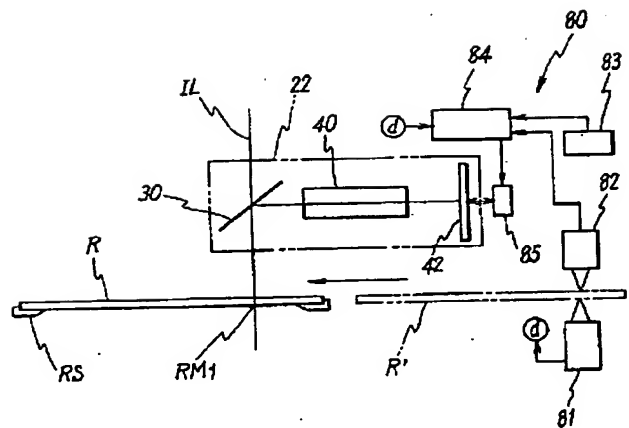
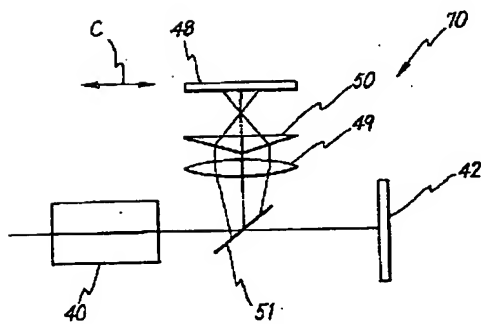
A schematic diagram of a magnetic recording head assembly. A horizontal line represents the head body, with a small rectangular component labeled 42 at its right end. A diagonal line labeled 30A(30B) intersects the head body. Below the head body, there are two stacked rectangular blocks labeled 100 and 40. A label RM points to the area between the head body and the blocks.

コンタクトラスト



(ベストフォーカス)

【图 6】



This Page Blank (uspto)